



خوردگی خطوط لوله نفت

بررسی بازدارنده های بر پایه ایمیدازولین

رحیم وصف پور، دانشکده فنی، دانشگاه تبریز

$$FR = (V_f - V_f) / (gh_{eff}) \quad (1)$$

لذا در مقاله حاضر، عملکرد بازدارنده های بر پایه ایمیدازولین در جریان های لخته ای متفاوت و تاثیر عدد فرود جریان بر روی عملکرد بازدارنده ها با روش خود ایستایی الکتروشیمیایی مورد تحلیل قرار گرفته است.

روش تحقیق

برای بررسی تاثیر بازدارنده و آنالیز پارامترهای مربوطه آزمایشهایی بر روی لوله های اکریلیک صورت گرفت. بدین ترتیب که یک سیستم جریان بسته طراحی شد. در این سیستم مایع از دریچه A وارد لوله شده و به صورت فیلم های نازک سریع، شروع به حرکت می کند. گاز دی اکسید کربن هم از دریچه B وارد لوله می شود و به این ترتیب مخلوط گاز و مایع در طول لوله شروع به حرکت می کند. از سیستم طراحی شده دو نوع جریان می تواند عبور کند، جریان معمولی و جریان لخته ای، در جریان معمولی در درون لوله فقط یک مایع خاص بدون وجود گاز در حال گردش است، در حالی که در جریان

چکیده

رفتار بازدارنده های بر پایه ایمیدازولین در محیط های حاوی دی اکسید کربن، با جریان های لخته ای متفاوت با استفاده از روش خود ایستایی الکتروشیمیایی (EIS) مطالعه شده است. بررسی ها نشان داده است، در جریان های با شرایط متفاوت، مقاومت انتقال بار R، و ضریب وار برگ σ ، با افزایش زمان برون گذاشت، افزایش نشان می دهد. عملکرد مثبت بازدارنده به زمان برون گذاشت وابسته بوده و با افزایش لایه های فشرده محافظ بر روی سطح فلز در زمان های برون گذاشت وابسته بوده و با افزایش لایه های فشرده محافظ بر روی سطح فلز در زمان های برون گذاشت طولانی این روند رو به رشد است. با توجه به اینکه در زمان های مشخص، هر دو پارامتر مقاومت انتقال بار و ضریب وار برگ با افزایش عدد فرود جریان، کاهش می یابد، لذا نتیجه اخیر نشان می دهد، فیلم های محافظ بر روی فلز در اثر نوسانات بالا و فرکانس های بالای پالس های جریان های لخته ای از سطح فلز شسته شده و باعث کاهش مقاومت به خوردگی شده است.

مقدمه

جلوگیری از خوردگی آلی از مهمترین موارد حفاظت از خوردگی داخلی در خطوط لوله انتقال محصولات نفتی است. با توجه به اینکه بازدارنده های بر پایه ایمیدازولین توانایی بازدارندگی بالایی در محیط های اسیدی از خود نشان داده است، لذا این بازدارنده ها برای کاهش خوردگی حاصل از دی اکسید کربن، در صنایع نفت و گاز به شدت مورد توجه اند. بررسی ها نشان داده است، آهنگ خوردگی در خطوط لوله نفت به شدت تحت تاثیر شرایط جریان است، چرا که منطقه جریان های لخته ای دارای فعل و انفعالات گازی بالایی بوده و جبهه گازهای حباب دار به شدت متلاطم اند. مشاهدات مشخص کرده است، تنش های برشی اعمال شده بر پایین لوله در جریان های لخته ای به شدت باعث خوردگی می شود. به طور کلی رفتار جریان های لخته ای را می توان به وسیله عدد بدون بعد فرود (NUMBER FROUDE) آنالیز کرد.

تاثیر زیادی بر روی امپدانس کل نخواهد داشت و امپدانس کل (Z_t) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Z_t = R_s + R_f + Z_w \quad (3)$$

با توجه به معادله (۲) امپدانس واربرگ Z_w به ضریب خود σ وابسته است. پس σ مقاومت نفوذ در فیلم بازدارنده را نشان می دهد. هر چه قدر σ افزایش یابد، نفوذ یون ها مشکل تر می شود و فیلم های بازدارنده کمتر متخلخل می شود. برای محاسبه ضریب امپدانس واربرگ می توان از معادله (۴) نیز استفاده کرد:

$$\sigma = b\omega^{1/2} \quad (4)$$

در معادله اخیر b مولفه پایای امپدانس در نفوذهای با شیب 45° بوده و $\omega = 2\pi f$ است. شکل ۳ نتیجه اندازه گیری های σ را در آب نمک با 100ppm بازدارنده و عدد فرود ۶ نشان می دهد. لذا مشخص شده است با افزایش زمان برون گذاشت σ نیز افزایش می یابد. افزایش در σ باعث کاهش در مقدار یون های نفوذی در فیلم های بازدارنده می شود، لذا فیلم ها در زمان های برون گذاشت،

بیان می کند که برای زمان های برون گذاشت مختلف فرآیند نفوذ یون ها در الکترودها رخ می دهد. با توجه به شکل ۱ شعاع نیم دایره ها با افزایش زمان افزایش می یابد. این بدین معنی است که آهنگ خوردگی در زمان های برون گذاشت طولانی، کاهش می یابد. مدل مدار استاندارد برای پوشش های فلز/محللول در شکل ۲ نشان داده شده است. در مدار مفروض R_s ، مقاومت محللول R_f و C_f به ترتیب مقاومت فیلم پوشش داده شده و ظرفیت آن است. R_p ، مقاومت انتقال بار و C_{dl} ظرفیت لایه دوتایی است که رفتار جدایش بار را بین فصل مشترک فلز و الکترودها نشان می دهد. Z_w هم امپدانس واربرگ است.

$$Z_w = \sigma \omega^{-1/2} (1 - j) \quad (2)$$

در معادله بالا σ ضریب واربرگ و $\omega = 2\pi f$ است. مدل نشان داده شده در شکل ۲ شامل ترکیبی از دو مقالات و خازن موازی و امپدانس واربرگ است که در برگیرنده اطلاعاتی در مورد فیلم پوشش داده شده و زیر پایه فلزی و فرآیند نفوذ است. در فرکانس های پایین، خازن ($C = C_f + C_{dl}$)

لخته ای از درجه B گاز هم وارد سیستم می شود. در آزمایشها از آب نمک (ASTM) و گاز دی اکسید کربن استفاده شده است. دما و فشار سیستم در حدود $40^\circ C$ و 0.136Mpa ثابت نگه داشته شد. PH محلول آب نمک در حدود 5.6 و هدایت آن در حدود $0.046 \Omega^{-1} cm^{-1}$ بود. مشخصات بازدارنده مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. الکترودهای مورد استفاده در قسمت تست (EIS PROBE) از جنس فولاد کربنی C-1018 است. ترکیب شیمیایی آنها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱ - فرمولاسیون بازدارنده

درصد وزنی	ترکیب شیمیایی
25.0	پنتاوس (IC-16)
7.5	سد استیک
5.0	آب
62.5	IPA

جدول ۲ - ترکیب شیمیایی فولاد کربنی C-1018

C	Si	P	S	Mn	Al	Fe
0.21	0.38	0.09	0.05	0.05	0.01	BALANCE

نتایج

برای تحلیل و آنالیز فیلم های غیر هموزن دو روش وجود دارد. مدل خطی انتقال محدود (FTLM) و مدل مدار معادل (ECM). از روش اخیر در بررسی تحلیل رفتگی فیلم های پوشش داده شده بر روی فلزات استفاده می شود. در مقاله حاضر، از روش ECM برای آنالیز داده های EIS استفاده می کنیم.

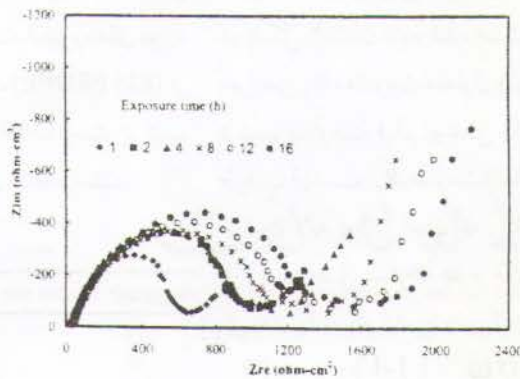
شکل ۱ گرافی را برای فولاد کربنی C-1018 که در معرض دی اکسید کربن و آب نمک به همراه 100ppm بازدارنده با جریان لخته ای با عدد فرود ۶ قرار گرفته، نشان می دهد. در گراف های به دست آمده برای زمان های برون گذاشت متفاوت، نیم دایره هایی وجود دارد که دم این نیم دایره ها در منطقه فرکانس پایین قرار دارد. این مسأله



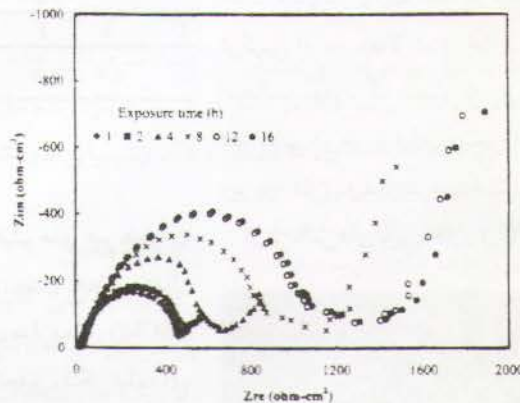
فیلم های بازدارنده در روی سطح فلزات به علت وجود حباب های فشرده از سطح فلز کنده می شود. این نوسانات و حباب ها به عدد فرود جریان بستگی دارد و هر چه عدد فرود جریان لخته ای افزایش می یابد، فرکانس و نوسانات پالس های حباب افزایش نشان

R_p و با افزایش عدد فرود جریان، کاهش می یابد. بنابراین عملکرد بازدارنده، از شرایط جریان تاثیر پذیرفته و به علت وجود نوسانات شدید جریانی در داخل لوله و تولید حباب های متعدد، این حباب ها در گرداب ها محبوس شده و باعث خوردگی شدید ته لوله می شود. لذا

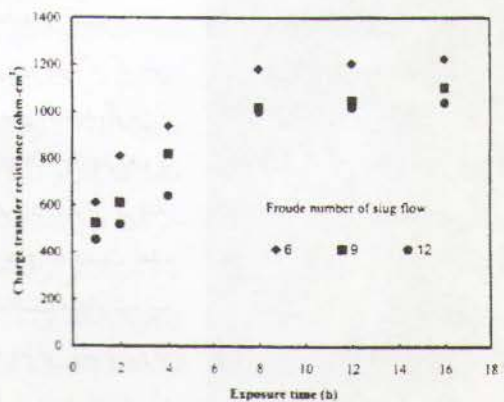
طولانی کمتر متخلخل می شوند. از طرف دیگر، مقاومت انتقال بار، با افزایش زمان برون گذاشت، کاهش می یابد. این مطلب نشان می دهد، بازدارندگی خوردگی در فیلم های فشرده تر بالاتر خواهد بود.



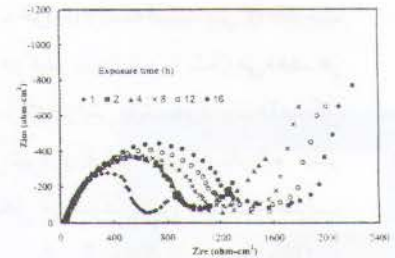
شکل ۴- گراف مربوط به عدد فرود ۹



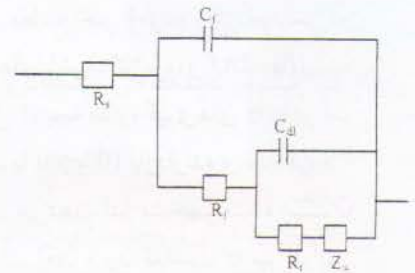
شکل ۵- گراف مربوط به عدد فرود ۱۲



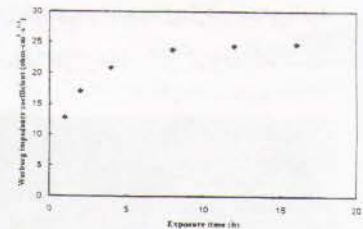
شکل ۶- تغییرات مقاومت انتقال بار با زمان برون گذاشت.



شکل ۱- گراف مربوط به فولاد کربنی C-1018 که در معرض CO_2 و آب نمک با 100 ppm بازدارنده قرار گرفته است (FR=6).



شکل ۲- مدل مدار معادل برای آنالیز پوشش های فلزی.



شکل ۳- گراف مربوط به ضریب امپدانس واربرگ و زمان برون گذاشت ($R=6$)

شکل های ۴ و ۵ گراف های امپدانس را برای عددهای فرود ۹ و ۱۲ نشان می دهد. برای هر دو شرایط جریان، قطر نیم دایره ها با افزایش زمان افزایش پیدا کرده و فرآیند نفوذ برای تمامی زمان های برون گذاشت اتفاق افتاده است. برای مقایسه عملکرد بازدارنده ها در شرایط جریان های مختلف، نتایج R_p در شکل ۶ آورده شده است. مشاهده می شود در یک زمان برون گذاشت مشخص، هر دو پارامتر



خواهد داد. بنابراین فیلم های بازدارنده در عددهای فرود بالاتر نازک تر و متخلخل تر شده و باعث کاهش مقاومت به خوردگی و کاهش ضریب امپدانس واربرگ می شود.

نتیجه گیری

۱. در هر یک از شرایط جریان های لخته ای با افزایش زمان برون گذاشت R و σ افزایش یافته و این مسأله نشان دهنده تاثیر مثبت بازدارنده در جلوگیری از خوردگی است.
۲. تاثیر عدد فرود جریان بر روی بازدارنده قابل توجه بوده و بالا بودن عدد فرود باعث پایین آمدن مقاومت به خوردگی فیلم های بازدارنده شده است.



- 1) J.Y.SUN,W.P.JEPSON.,SPE PAPER 24787, 1992,p.215.
- 2)W.P.JEPSON,THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIPHASE FLOW, THE HAGUE, NETHERLAND, 1987, P.187.
- 3)Y.J.TAN, S.BAILEY, B.KINSELLA, CORROS .SCI.,38,1996.
- 4) Y.J.TAN, S.BAILEY, B.KINSELLA, CORROS. SCI., 39.1996.
- 5)G.W.WALTER,CORROS.SCI..32,10,1991.
- 6)G.W.WALTER.CORROS.SCI.,32,6/7,1990.